

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія»,
освітньою програмою «Біотехнології»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Хімія біогенних елементів: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія», освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н.Б. Голуб, Л.С. Зубченко, І.І. Левтун – Електронні текстові дані (1 файл: 895 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 52с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 30.04.2020 р.)
за поданням Вченої ради Факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 9 від 27.04.2020 р.)*

Електронне мережеве навчальне видання

ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Укладачі : *Голуб Наталія Борисівна, д-р. техн. наук. доц.,
Зубченко Людмила Сергіївна, канд. техн. наук,
Левтун Ігор Ігорович, канд. техн. наук*

Відповідальний

редактор *Кузьмінський Є.В., д-р. хім. наук., проф.*

Рецензент *Галкін О.Ю., д-р. біол. наук., проф., зав. кафедри
трансляційної медичної біоінженерії КПІ ім. Ігоря
Сікорського*

В лабораторному практикумі наведено теоретичні матеріали щодо впливу біогенних елементів на біохімічні процеси, які відбуваються в живих організмах. Лабораторні роботи, представлені в практикумі, призначені для ознайомлення студентів з основами виділення та аналізу біогенних та токсичних елементів, які містяться в різних продуктах харчування та медичних препаратах.

Лабораторний практикум «Хімія біогенних елементів» розроблено для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія».

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

ЗМІСТ

Розділ 1. p – елементи.....	4
Лабораторна робота №1. Визначення вмісту води, сухого залишку та елементів, що входять до складу живої матерії.....	15
Лабораторна робота №2. Визначення нітритного нітрогену в м'ясних продуктах.....	19
Лабораторна робота №3. Визначення сульфат іону в ґрунті.....	22
Розділ 2. s-елементи.....	26
Лабораторна робота №4. Визначення вмісту кальцію в сироватці молока (по де Ваарду).....	29
Лабораторна робота №5. Аналіз 10% розчину натрій тіосульфату.....	33
Розділ 3. d- елементи.....	36
Лабораторна робота №6. Визначення феруму (III) в білих винах.....	39
Лабораторна робота № 7. Фотометричне визначення купруму (II) у харчових продуктах.....	42
Техніка безпеки та охорона праці при роботі в лабораторії.....	47

РОЗДІЛ 1

р - ЕЛЕМЕНТИ

За вмістом в живих організмах біогенні елементи поділяють на три групи:

1) Органогенні елементи

До них відносять елементи, вміст яких в живих організмах становить $> 1\%$ – Карбон, Оксиген, Гідроген, Нітроген, Фосфор, Сульфур. Ці елементи є основними складовими білків, жирів, вуглеводів і нуклеїнових кислот.

2) Макроелементи

До них відносять елементи, вміст яких становить від 1 до $10^{-2}\%$. Це- Кальцій, Хлор, Магній, Калій, Натрій (іноді до цієї групи також відносять Ферум). Макроелементи входять до складу ферментів та інших біологічно-активних речовин як комплексоутворювачі або активатори та беруть участь в обміні речовин, тканинному диханні, знешкодженні токсичних речовин та інших процесах. Макроелементи впливають на процеси кровотворення, проникність судин і тканин, окисно-відновні процеси.

3) Мікроелементи

Вміст мікроелементів в живих організмах – $< 10^{-3} - 10^{-5} \%$. До цієї групи відносяться: Ферум, Купрум, Фтор, Йод, Молібден, Цинк, Селен, Хром, Нікол, Сіліцій, Ванадій та ін. Основні функції мікроелементів – це участь у метаболічних процесах як кофакторів ферментів та регулюванні обміну речовин у складі гормонів.

Загальна характеристика галогенів

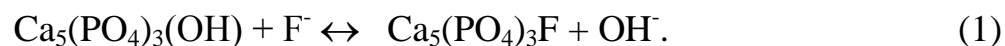
Галогени у складі органічних сполук та йонів містяться у тканинах людини, тварин та рослин. Хлор та Йод для людини та деяких класів тварин відносяться до незамінних елементів. В організмі всі галогени знаходяться у

ступені окиснення -1 . Хлор та Бром знаходяться в організмів у форму гідратованих іонів, Фтор та Йод – в основному у зв'язаній формі. У ряду $F^- \rightarrow Cl^- \rightarrow Br^- \rightarrow I^-$ зменшується електронегативність елементів і полярність зв'язку з Карбоном. Саме тому Йод у живих організмах знаходиться у вигляді елементоорганічних сполук (тобто реалізується зв'язок C–I).

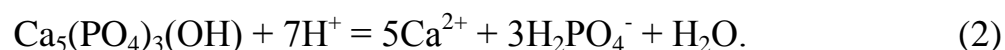
Фтор

Сполуки фтору концентруються у тканині кісток, нігтях, зубах. Маса Фтору в організмі людини близько 7 мг. Фтор надходить в організм людини та тварин переважно з питною водою (оптимальний вміст фтору у воді 1 – 1,5 мг/дм³).

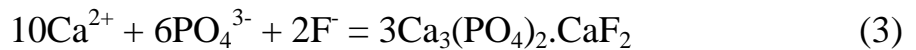
Мінеральну основу тканини зубів – дентину, складають гідроксилапатит $Ca_5(PO_4)_3(OH)$, хлорапатит $Ca_5(PO_4)_3Cl$ і фторапатит $Ca_5(PO_4)_3F$. Іон фтору легко заміщує іон гідроксиду в гідроксилапатиті, утворюючи захисний емалевий шар більш твердого фторапатиту:



Нестача Фтору в організмі призводить до карієсу зубів, який починається з утворення на поверхні зуба пошкодженої ділянки емалі у вигляді плями. Під дією кислот, які продукують бактерії, відбувається подальше розчинення гідроксилапатитної компоненти емалі:



Дуже часто руйнується не поверхня зуба, яка покрита шаром емалі, а внутрішні ділянки дентину, які оголяються через пошкодження емалі. Доки пошкодження емалі незначне, введення фториду натрію сприяє утворенню фторапатиту, що полегшує ремінералізацію:



і зупиняє розвиток карієсу.

Надлишок Фтору призводить до фторозу. При фторозі кістки та зубна емаль стають крихкими.

Високі концентрації іонів фтору небезпечні у зв'язку з його здатністю до інгібування ряду ферментативних реакцій, а також до зв'язування важливих у біологічному відношенні елементів (P, Ca, Mg та ін.), що спричиняє порушення їх балансу в організмі.

Препарати, які містять Фтор, застосовуються в медичній практиці як протипухлинні (5-фторурацил, фторафур, фторбензотэф), нейролептичні (триседил, фторфеназин, трифтозин та ін.), антидепресивні (фторацизин), наркотичні (фторотан) та інші засоби.

В стоматології застосовують NaF, при взаємодії якого з гідроксиапатитом зубної емалі утворюється фторапатит:



При цьому одночасно відбувається підлужнення середовища ротової порожнини, що нейтралізує кислоту, яка виділяється бактеріями.

Хлор

Хлорид-іони є незамінним компонентом тканин рослин та тварин. Вміст хлору в рослинах коливається від 0,001 до 10% (високий вміст Хлору в тканинах галофітів), у тварин – 0,01 – 0,1 %. В організмі людини загальний вміст Хлору становить близько 100 г. Добова потреба дорослої людини в Хлорі (2-4 г, за деякими джерелами 5-10 г) покривається за рахунок хлоридів натрію або калію, що містяться в харчових продуктах та приготівленій їжі. Особливо багаті Хлором хліб, м'ясні та молочні продукти. Хлорид-іони не мають токсичної дії, елементарний хлор – високотоксичний газ.

В організмі тварин Хлор міститься в плазми крові, лімфі, спинномозковій рідині та деяких тканинах. Хлорид-іони активують деякі ферменти, створюють сприятливе середовище для дії протеолітичних ферментів шлункового соку, забезпечують іонні потоки крізь мембрани клітин, приймають участь у підтриманні осмотичної рівноваги. Хлорид-іон має оптимальний радіус для проникнення крізь мембрану клітини. Саме цим пояснюється його сумісна участь з іонами натрію і калію у створенні необхідного осмотичного тиску і регуляції водно-сольового обміну. Хлорид натрію необхідний для утворення соляної кислоти у шлунку. Соляна кислота приймає участь в процесах травлення, а також у знищенні різних патогенних бактерій (холери, тифу тощо).

Бром

Іони бромю входять до складу тканин тварин та рослин. Рослини в середньому містять $7 \cdot 10^{-4}\%$ бромю в перерахунку на сиру речовину, тварини – $1 \cdot 10^{-4}\%$. Вміст Бромю в організмі людини становить близько 7 мг. Бром виявлено в слині, слюзах, поті, молоці, жовчі. Найбільша кількість Бромю міститься у залозах внутрішньої секреції, в першу чергу в гіпофізі. В крові здорової людини вміст бромю змінюється від 0,11 до 2,0 мг.

Сполуки бромю пригнічують функцію щитовидної залози і посилюють активність надниркової кори. При введенні в організм бромід-іонів найбільш чутливою є центральна нервова система. Бромід-іони рівномірно накопичуються в різних відділах мозку і діють заспокійливо при підвищеній збудливості, тобто вони сприяють відновленню порушеної рівноваги між процесами збудження та гальмування.

За іонним радіусом, електронегативністю та іншим фізико-хімічним властивостям Бром займає проміжне положення між Хлором та Йодом. Тому бромід-іони можуть заміщувати іони хлору та йоду в організмі. При заміщенні йоду на бром в гормонах щитовидної залози порушується обмін речовин організму в цілому.

У зв'язку з тим, що в організмі існує динамічний зв'язок між вмістом в ньому бромід- і хлорид-іонів, підвищена концентрація бромід-іонів у крові порушує рівновагу і сприяє швидкому виділенню нирками хлорид-іонів і навпаки за принципом рівноваги Ле-Шателле.

Йод

Йод є необхідним для тварин та людини мікроелементом. Поглинання Йоду рослинами залежить від вмісту його сполук в ґрунтах та від виду рослин. Існують концентратори Йоду, наприклад, морські водорості – фукус, ламінарія, філофора, накопичують до 1% йоду, деякі губки в скелетній речовині спонгіні – до 8,5%. Водорості, які концентрують Йод, використовують для його промислового отримання.

До організму людини та тварин Йод надходить з їжею, водою та повітрям. В організмі людини накопичується від 10 до 50 мг Йоду. Із загальної кількості Йоду в організмі більше половини знаходиться в щитовидній залозі у зв'язаному стані у гормонах, тільки близько 1% знаходиться у виді йодид-іону. У щитовидній залозі Йод накопичується в мітохондріях епітеліальних клітин і входить до складу дийод- та монойодтирозинів, які конденсуються в гормон тетраїодтиронін (тироксин). Знижена активність щитовидної залози (гіпотиреоз) може бути пов'язана зі зменшенням її здатності накопичувати йодид-іони, а також з нестачею Йоду у їжі (ендемичний зоб). При надлишковій активності щитовидної залози (гіпертиреоз) внаслідок надлишкового синтезу тиреоїдних гормонів спостерігається збільшення швидкості метаболічних процесів. КІ застосовують і при гіпертиреозі, і при гіпотиреозі. При гіпотиреозі йодид-іони використовують для синтезу гормонів, при гіпертиреозі йодид-іон гальмує йодування тирозину йодом.

В приморських областях кількість йоду в 1м^3 повітря може досягати 50 мкг, в континентальних та гірських – складає 1 або 0,2 мкг. В ґрунтах та рослинах лісової, нечорноземної, сухостепової, пустельної та гірської

біогеохімічних зонах Йод знаходиться в недостатній кількості або в незбалансованих співвідношеннях з деякими іншими мікроелементами (Co, Mn, Cu). З цим пов'язують розповсюдження в цих зонах ендемічного зобу. В різних біогеохімічних областях вміст Йоду в добовому раціоні змінюється (для людини від 20 до 240 мкг). Потреба тварин і людини в Йоді залежить від фізіологічного стану, пори року, температури, адаптації організму до вмісту йоду в середовищі. Добова потреба людини та тварин в Йоді – близько 3 мкг на 1 кг ваги (зростає при посиленому рості, вагітності, переохолодженні).

Введення в організм Йоду підвищує основний обмін, посилює процеси окиснення, тонізує м'язи, стимулює статеву функцію Йод впливає на синтез деяких білків, жирів та гормонів.

Препарати, які містять Йод характеризуються антибактеріальними та протигрибковими властивостями та чинять протизапальну дію. Вони діють на утворення тиреотропного гормону передньої долі гіпофізу, і, відповідно, на обмін речовин, посилюють функцію щитовидної залози. Оскільки йод впливає на білковий та ліпідний обмін, знижує вміст холестерину в крові його застосовують при лікуванні атеросклерозу. Крім того, йод підвищує фібринолітичну і ліпопротеїназну активність крові, зменшує швидкість згортання крові.

Препарати Йоду не можна вживати при туберкульозі легень, вагітності, захворюванні нирок, геморагічних діатезах, кропивниці.

Нітроген

Нітроген є одним з життєво необхідних (незамінних) біогенних елементів, який входить до складу найважливіших біомолекул живих клітин – білків та нуклеїнових кислот і відноситься до шести органогенних елементів. Молекулярний азот з атмосфери можуть засвоювати тільки деякі мікроорганізми та синьо-зелені водорості. Рослини засвоюють Нітроген з ґрунту як у вигляді неорганічних, так і деяких органічних сполук. В природних умовах для азотного живлення рослин велике значення мають

грунтові мікроорганізми (амоніфікатори), які мінералізують органічний азот ґрунту до амонійних солей. Частина нітратного нітрогену, яка засвоюється мікроорганізмами та рослинами, втрачається, перетворюючись в молекулярний атмосферний азот під дією денітрифікуючих бактерій. Перетворення сполук нітрогену відносяться до окисно-відновних реакцій (в яких нітроген змінює ступінь окиснення), які перебігають за участі ряду металоферментів.

Колообіг нітрогену в природі

Серед процесів, які протікають при колообігу сполук нітрогену, як найважливіші можна виділити наступні:

- фіксація молекулярного азоту атмосфери з його наступним перетворення у аміак ($N_2 \rightarrow NH_3$); цей процес реалізується за участі вільноживучих мікроорганізмів (*Azotobacter*, *Azotomonas*, *Clostridium*, *Cyanobacterium* та ін.) або в симбіозі з вищими рослинами (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*);
- нітрифікація – окиснення солей амонію в солі азотної кислоти (1-й етап перетворення аміаку в нітриту, 2-й – перетворення нітриту в нітрат); здійснюється ґрунтовими нітрифікуючими бактеріями (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*);
- засвоєння нітратів живими організмами та відновлення їх до похідних амінів, зокрема до амінокислот;
- денітрифікація – перетворення сполук азоту в газоподібний азот або його оксиди; процес вивільнення мікроорганізмами молекулярного азоту та аміаку з нітратів та нітриту. Денітрифікуючими бактеріями є різноманітні факультативні та облігатні анаероби (роду *Clostridium* та ін.), які розмножуються та ростуть в ґрунтах.

Синтез аміаку каталізує мультифермент нітрогеназа, яка складається з Мо-Fe-білку (власне нітрогеназа) та Fe-білку (редуктаза нітрогенази). Активність має тільки комплекс обох компонентів. Мо-Fe-білок складається з чотирьох субодиниць двох типів, вміщує 2 атоми Мо (у виді FeМо-кофактору), 28-34 атомів негемового Fe та 18-24 атомів сульфідної S. Fe-

білок складається з двох однакових субодиниць.

Для свого функціонування нітрогеназа потребує безперервного притоку як енергії (у формі АТФ), так і електронів, що забезпечується процесами дихання та бродіння, які здійснюють мікроорганізми, або в результаті фотосинтезу. АТФ специфічно зв'язується з Fe-білком, утворений при цьому комплекс переносить електрони від фередоксину (залізовміщуючий білок – донор електронів) до Мо-Fe-білку. Відновлений Мо-Fe-білок зв'язує азот і відновлює його до NH_3 .

Процес окиснення нітритів – відновлення нітратів перебігає за участі молібденвмісних протеїнів, субстратами окиснення та відновлення є $\text{ФАД} \cdot \text{H}_2$ та $\text{ФАД} \cdot \text{Mo (V)}$ оборотно у Mo (VI) а NO_3^- в NO_2^- .

В процесі життєдіяльності рослини та мікроорганізми добре засвоюють як амонійний, так і нітратний нітроген, відновлюючи останній до аміаку та амонійних солей. Мікроорганізми і рослини активно перетворюють неорганічний амонійний азот в органічні сполуки азоту – аміді (аспарагін, глутамін) та амінокислоти. У вигляді аспарагіну та глутаміну азот запасається і транспортується в рослинах. При утворенні цих амідів знезаражується аміак, високі концентрації якого токсичні не тільки для тварин, але і для рослин. Аміді входять до складу багатьох білків як у мікроорганізмів та рослин, так і у тварин. Синтез глутаміну та аспарагіну шляхом ферментативного амінування глутамінової та аспарагінової кислот відбувається не тільки в мікроорганізмах і рослинах, але і у тварин.

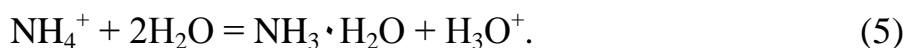
У тварин знезараження аміаку, який утворюється при розпаді білків та нуклеїнових кислот, здійснюється шляхом синтезу сечової кислоти (у плазунів та птахів) або сечовини (у ссавців, в тому числі і у людини), які потім виводяться з організму.

Сполуки нітрогену. Оксиди нітрогену можуть взаємодіяти з деякими металопротеїнами, суттєво змінюючи їхні активні центри (блокування шляхом приєднання до іона металу при зміні його ступеня окиснення).

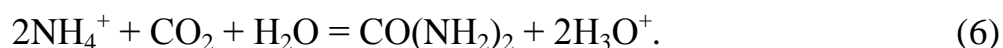
Аміак добре розчинний у воді (700:1). При вдиханні аміак чинить

збуджуючу дію на центр дихання, а при більш високих дозах спричиняє задуху та чинить токсичну дію на мозок.

В організмі людини кислотність крові підвищується внаслідок гідролізу хлориду амонію:



Крім цього протони утворюються внаслідок перетворення амоній-іона в сечовину:



Для нейтралізації надлишку іонів H_3O^+ нирки мобілізують і виділяють до сечі іони натрію, з якими одночасно виділяється відповідна кількість води.

Оксиди азоту – фізіологічно активні. N_2O – засіб для наркозу, за високих концентрацій викликає задуху. Інші оксиди – отруйні: NO діє на центральну нервову систему, за значних концентрацій перетворює оксигемоглобін в метгемоглобін; NO_2 та N_2O_4 чинять руйнівну дію на легені, у важких випадках – знижують кров'яний тиск. ГДК NO_2 – 9 мг/м^3 , інших оксидів азоту – 5 мг/м^3 (в перерахунку на NO_2).

Нітрити, разом з нітратами додають до м'ясних продуктів в якості консервантів. Нітрити є дезамінуючими агентами, дія яких призводить до окиснення аміногруп нуклеїнових основ. При цьому змінюється структура нуклеїнових основ ДНК та їх здатність до утворення водневих зв'язків. Під впливом нітритів гемоглобін перетворюється в метгемоглобін, який не здатний переносити кисень. Таким чином, надходячи в кров, нітрити викликають кисневу недостатчу:



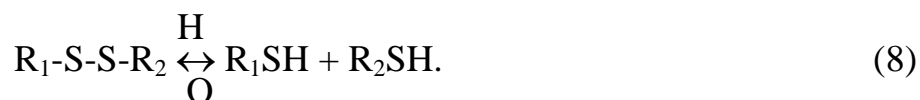
Зв'язує кисень

Не зв'язує кисень

Подібним чином діють і нітрати. Проте в незначних кількостях деякі неорганічні нітрити і органічні нітрати покращують коронарний кровообіг і застосовуються для профілактики ішемічної хвороби серця та зняття приступів стенокардії.

Сульфур

У вигляді органічних та неорганічних сполук Сульфур завжди присутній в живих організмах. Біологічна роль визначається тим, що Сульфур входить до складу широко розповсюджених в живій природі сполук: амінокислот (метіонін, цистеїн), і, отже, білків та пептидів, коферментів (кофермент А, ліпоєва кислота), вітамінів (біотин, тіамін), глутатіону та ін. Сульфгідрильні групи (-SH) залишків цистеїну відіграють важливу роль в структурі та каталітичній активності багатьох ферментів. Утворюючи дисульфідні зв'язки (-S-S-) всередині окремих поліпептидних ланцюгів та між ними, ці групи приймають участь в підтримці просторової структури молекул білків. При окисненні тіолових груп утворюються дисульфідні зв'язки і, навпаки, при відновленні зв'язків S-S- утворюються SH-групи, тобто ці переходи оборотні:



В деякій мірі цей оборотний перехід захищає організм від радіаційних уражень. Під впливом іонізуючого опромінення в результаті радіолізу води в організмі утворюються вільні радикали, в тому числі достатньо активні Н• та ОН•, які ініціюють процеси окиснення. Водневосульфідні групи вступають в реакції з вільними радикалами:

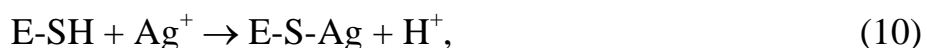


Радикали RS^\bullet , які утворюються в цій реакції, неактивні. Цей механізм дозволяє попередити дію активних радикалів на нуклеїнові кислоти та інші біомолекули.

У тварин Сульфур міститься у вигляді органічних сульфатів та сульфокислот – хондроїтинсульфатної кислоти (в хрящах та кістках), таурохолієвої кислоти (в жовчі), гепарину, таурину та в деяких залізовмісних білках (наприклад, феридоксинах). Сульфур також здатен до утворення високоенергетичних зв'язків в макроергічних сполуках.

Ендогенна сульфатна кислота, що утворюється в організмі, приймає участь в знешкодженні отруйних сполук – фенолу, крезолу, індолу, які синтезуються мікроорганізмами з амінокислот у кишковому тракті. Крім того, вона зв'язує багато чужорідних для організму сполук (ксенобіотиків), наприклад, лікарські препарати та їх метаболіти. З усіма цими сполуками сульфатна кислота утворює відносно нешкідливі речовини – кон'югати, у вигляді яких вони виводяться з організму.

Багато сірковмісних ферментів необоротно отруюються іонами важких металів, таких як Cu^{2+} або Ag^+ . Ці іони блокують тіольні групи з утворенням меркаптанів, біонеорганічних аналогів сульфідів:



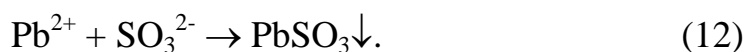
внаслідок чого фермент втрачає активність

В медичній практиці використання Сульфуру ґрунтується на здатності при взаємодії з органічними речовинами організму утворювати сульфіді та пентатіонову кислоту, від присутності яких залежать кератолітичні (розчиняючі), протимікробні та протипаразитарні ефекти. Сульфур входить до складу антибіотиків (пеніцилін, цефалоспорини), мазі Вількінсона та ін. препаратів, які використовуються для лікування корости. Очищену та осаджену сірку застосовують в мазях та присипках для лікування деяких захворювань шкіри (себорея, псоріаз тощо). Сполуки сульфуру

використовуються як радіозахисні засоби, засоби захисту рослин. Тіосульфат натрію має протитоксичну, протизапальну та десенсибілізуючу дію. Як протитоксичний препарат, тіосульфат натрію використовують при отруєнні сполуками ртуті, свинцю, синильною кислотою та її солями. Механізм дії препарату пов'язаний з окисненням тіосульфат-іона до сульфат-іона та елементарної сірки:



Іони свинцю та ртуті, які надходять до організму з їжею та повітрям, утворюють поганорозчинні нетоксичні сульфати:



Ціанід-іони взаємодіють з тіосульфатом, при цьому утворюються менш отруйні тіоціанати:



Лабораторна робота № 1

Визначення вмісту води, сухого залишку та елементів, що входять до складу живої матерії

Мета роботи: ознайомитись з методикою визначення вологості та сухого залишку в продуктах (згідно ДСТУ) та визначити ці показники в овочах, опрацювати методики визначення вмісту елементів, які входять до складу живих організмів та провести якісне визначення елементів, що входять до м'язової тканини

Реактиви та матеріали: біологічний матеріал (картопля, морква, буряк тощо, м'ясо, слина), 0,1 моль/дм³ соляна кислота, 0,1 моль/дм³ хлорид феруму (III), дистильована вода, 0,5% HCl, 0,1 моль/дм³ AgNO₃, 0,1% HNO₃, 0,1% K₄[Fe(CN)₆], 0,1 моль/дм³ BaCl₂, гаряча дистильована вода.

Обладнання: сушильна шафа, ваги, електроплита, бюкси, тиглі, тертушка, ексікатор, шпатель, скляні палички, груші, піпетки, хімічні склянки, фільтрувальний папір.

Дослід 1.1 Визначення вмісту води та сухого залишку в біологічних об'єктах

Методика виконання:

Висушити до постійної маси бюкс з кришкою, зважити, записати його масу. Внести 1-2 г подрібненого біологічного матеріалу, закрити кришкою бюкс і зважити. Зняти кришку, поставити бюкс у сушильну шафу. Сушіння проводити за температури не вище 110°C протягом 1,5 - 2 годин. Охолодити в ексікаторі при закритій кришці. Сушіння і зважування проводити до постійної маси. Різниця між вагою бюкса з біологічним матеріалом до і після сушіння покаже вміст води у наважці біологічного матеріалу. Для кожного виду біологічного матеріалу визначення необхідно проводити у трьох повторностях.

Завдання: розрахуйте вміст води і сухого залишку у досліджуваному біологічному матеріалі у відсотках.

Дослід 1.2 Якісне відкриття роданід-іона у слині людини

Методика виконання:

Прополоскати дистильованою водою ротову порожнину 2 рази. Набрати 2 см³ слини в хімічну склянку. Одержану слину підкислити соляною

кислотою (1-2 краплі) і додати 1 краплю FeCl_3 .

Завдання: запишіть спостереження та рівняння якісної реакції на роданід-іон. Порівняйте одержані результати для різних людей (ті, що палять, та ті, що не палять). Зробіть висновок щодо наявності роданід-іону в досліджуваній слині.

Дослід 1.3 Якісне визначення елементів, що входять до складу м'язової тканини

Методика виконання:

5 г м'язової тканини помістити в тигель і прожарити на електроплиті, або в муфельній печі до повного озолення. В отриманій золі визначити наявність хлорид- та сульфат-іонів, а також іонів феруму (III).

Визначення хлорид- та сульфат-іонів

Після охолодження тиглю золу, що утворилась, двічі екстрагувати гарячою водою (по 5 см^3). Водну витяжку профільтрувати через паперовий фільтр. У водній витяжці повинні знаходитись метали першої групи, хлорид і сульфат іони.

Для визначенні іона Cl^- до 2 см^3 витяжки додати краплю азотної кислоти і по краплям, постійно перемішуючи, розчин азотнокислого срібла. Записати спостереження та рівняння реакції.

Для визначення сульфат-іона до 2 см^3 витяжки додати по краплям сіль барію. Записати спостереження та рівняння реакції.

Визначення іону Fe^{3+}

Залишок золи розчинити в 5-7 см^3 0,5% HCl . Розчин профільтрувати через паперовий фільтр. У фільтраті знаходяться фосфати металів другої групи і солі тривалентного феруму.

Для визначення іона Fe^{3+} до 2 см^3 фільтрату додати по краплям перемішуючи розчин жовтої кров'яної солі. Відбувається зміна забарвлення.

Завдання: запишіть спостереження та рівняння реакції, зробіть висновок щодо наявності елементів, що визначали, у м'язовій тканині.

Література

1. ДСТУ 7804:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи. – К.: ДП «УкрНДНЦ». – 2016.
2. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.
3. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.

Інформаційні ресурси

1. Антоненко О.В. Хлор [Електронний ресурс] / О. В. Антоненко // Фармацевтична енциклопедія. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/204/xlor> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.
2. Бризицька А. М. Йод [Електронний ресурс] /А. М. Бризицька // Фармацевтична енциклопедія. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1529/jod> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.
3. Берзеніна О.В., Хмарська Л.О. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та підготовки до семінарських та лабораторних занять з теми «Хімія р-елементів VI групи Періодичної системи» [Електронний ресурс] /О.В. Берзеніна, Л.О. Хмарська. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/4547-Himiya-r-elementiv-VI-grupy.pdf> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Якісні реакції на досліджувані іони.

2. Біологічна роль елементів сьомої А групи.
3. Біологічна роль Хлору.
4. Вплив хлорид-іонів на дію гідролітичних ферментів.

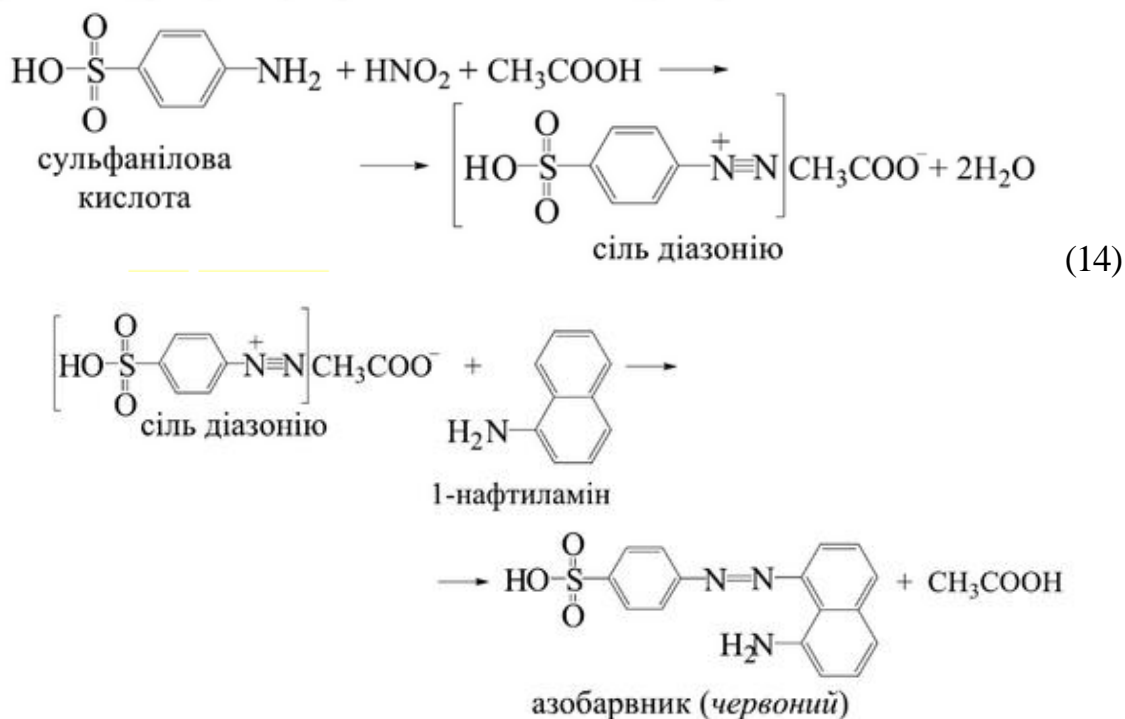
Лабораторна робота № 2

Визначення нітритного нітрогену в м'ясних продуктах

Мета роботи: визначити вміст нітритного нітрогену в м'ясних продуктах

З метою збереження свіжості до соленого м'яса або фаршу додають селітру, яка може частково відновлюватися до токсичного нітриту. Гранично допустимий вміст нітритного нітрогену складає не більше 20 мг на 100 г м'ясопродукту.

Визначення нітритного нітрогену ґрунтується на утворенні інтенсивно забарвленого у рожево-фіолетовий колір азобарвника при взаємодії нітритів з реактивом Грісса:



Реактиви та матеріали: 15 % розчин CH_3COOH , а-нафтиламін, нітрит натрію, сульфанілова кислота, дистильована вода, м'ясний продукт.

Приготування стандартного розчину NaNO_2 : 0,5 г NaNO_2 розчиняють в 1 дм^3 дистильованої води. Потім у мірну колбу місткістю 100 см^3 вносять 1 см^3 цього розчину та доводять його об'єм до мітки. 1 см^3 даного розчину містить 0,001 мг нітритного нітрогену.

Реактив Грісса: 0,5 г сульфанілової кислоти розчиняють в 150 см^3 15% розчину CH_3COOH . Окремо 0,1 г а-нафтиламіну розчиняють в 150 см^3 15% розчину CH_3COOH і ці два розчини змішують.

Обладнання: мірні колби на 50 см^3 , 1 дм^3 , 100 см^3 , піпетки, спектрофотометр, електроплитка, фільтрувальний папір, ватно-марлевий фільтр, лійки, термостійкі склянки на 300 см^3 , склянки, скляні палички.

Методика виконання:

Побудова градуювального графіка

У п'ять мірних колб місткістю 50 см^3 послідовно внести 0, 1, 2, 3 і 4 см^3 стандартного розчину нітриту натрію, по 2 см^3 реактиву Грісса і довести об'єм розчинів дистильованою водою до мітки. Отримані розчини містять відповідно 0; 0,001; 0,002; 0,003 і $0,004\text{ см}^3$ нітритного нітрогену в 50 см^3 . Через 1 годину на спектрофотометрі виміряти оптичну густина забарвлених у фіолетово-рожевий колір розчинів при 520 нм, використовуючи дистильовану воду як розчин порівняння. За отриманими даними побудувати градуювальний графік у координатах: D (оптична густина розчину) – C (вміст нітритного нітрогену, мг/50 см^3).

Визначення нітритного нітрогену в м'ясному продукті

У хімічну термостійку склянку внести 5 г подрібненого м'ясного продукту, додати 300 см^3 дистильованої води, нагріти до кипіння і кип'ятити

протягом 2 год. Через 2 години профільтрувати гарячу витяжку через ватно-марлевий фільтр, перенести у мірну колбу на 500 см³ і довести дистильованою водою до мітки. Отриманий розчин за потреби (при високій мутності) профільтрувати через паперовий фільтр. Відібрати 20 см³ прозорого фільтрату у мірну колбу місткістю 50 см³ (20 см³ фільтрату відповідає 0,2 г аналізованого продукту). Додати до фільтрату 2 см³ реактиву Грісса, довести об'єм розчину до мітки дистильованою водою і перемішати.

Через 1 годину виміряти оптичну густину забарвленого у рожево-фіолетовий колір розчину при вказаних вище умовах. За градувальним графіком знайти вміст нітритного нітрогену, мг у 0,2 г м'ясного продукту, що аналізується.

Вміст нітритного нітрогену (мг/100 г продукту) обчислити за формулою:

$$m = g \cdot 100 / 0,2, \quad (15)$$

де g – вміст нітритного нітрогену за градувальним графіком, мг/0,2 г продукту.

Завдання: розрахуйте вміст нітритного нітрогену в даному продукті, зробіть висновок щодо безпечності споживання досліджуваного продукту.

Література:

1. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.
2. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А. Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.
3. Кучеренко М.С. Сучасні методи біохімічних досліджень / М.С. Кучеренко, Ю.Д. Бабенюк, В.М. Войцицький. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 422с.

4. Рева Т. Д. Аналітична хімія: Практикум : навч. посіб. для студ. вищих фармацев. навч. заклад. і фармацев. ф-тів вищих мед. навч. Закладів / Т.Д. Рева, В. Л. Сліпчук, Г.М. Зайцева та ін. – Вінниця:Нова книга, 2012. – 352 с.

Інформаційні ресурси

1. Емцев В.Т. Биохимия азотфиксации [Электронный ресурс] /В.Т. Емцев // Микробиология. – Электронные данные. – Режим доступа: https://studme.org/287637/ekologiya/biohimiya_azotfiksatsii (дата обращения 15.03.2020). – Название с экрана.

Питання для контролю

1. Роль нітрогену в життєдіяльності мікроорганізмів
2. Процеси азотфіксації
3. Колообіг нітрогену
4. Процеси нітрифікації
5. Вплив оксидів нітрогену на життєдіяльність людини
6. Амоній та аміак, роль в життєдіяльності організмів
7. Що називається ГДК?

Лабораторна робота №3

Визначення сульфат йона в ґрунті

Мета роботи: визначити вміст сульфат-йона в ґрунті

Реактиви та матеріали: дистильована вода, ґрунт, 10% розчин BaCl_2 , 10% розчин NH_4OH , 10% розчин HCl , 10% розчин H_2SO_4 , метиловий-червоний індикатор.

Обладнання: колба на 500 см³, лійки, пробірки, фільтрувальний папір, сито, піпетки, склянка на 200 см³, фарфоровий тигель, годинникове скло, муфельна піч, електроплита, ваги.

Методика виконання:

Приготування водної витяжки ґрунту

Зважити на технічних вагах 100 г сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1мм. Наважку перенести в колбу місткістю 500 см³ та залити ґрунт 500 см³ дистильованої води, яка не містить CO₂. Закрити колбу пробкою, збовтувати вміст 3 хвилини та профільтрувати витяжку через фільтр з щільного паперу. Щоб фільтрат був прозорий, потрібно на фільтр перенести частину ґрунту. Якщо перші порції фільтрату виявляться мутними, то їх треба знову профільтрувати через фільтр. Для аналізу брати тільки прозорий фільтрат. Після закінчення фільтрування колбу з витяжкою закрити щільною пробкою для того, щоб виключити можливість випаровування води, а також зменшити її забруднення різними газами (NH₃, пари HCl і тощо), що знаходяться в повітрі лабораторії.

Дослід 3.1 Якісне визначення сульфат-іона в ґрунтовій витяжці

Набрати піпеткою 10 см³ водної витяжки та перенести в пробірку. Долити в пробірку 1 см³ 10% розчину BaCl₂ та кип'ятити рідину протягом 1 хв. Якщо у водній витяжці присутні сірчаноокислі солі, то випаде біла муть, або осад сірчаноокислого барію. За кількістю осаду, що випав відмічають вміст сульфат-іона: мало, багато, дуже багато.

Дослід 3.2 Кількісне визначення сульфат-іона в ґрунтовій витяжці

Набрати піпеткою 50 см³ водної витяжки в склянку місткістю 200 см³. Витяжку нейтралізувати 10% розчином аміаку, а потім підкислити 10% розчином HCl до рожевого забарвлення метилового червоного індикатора,

після чого додати 1 см³ HCl. Підкислений фільтрат підігріти до кипіння та осадити SO₄²⁻ гарячим 10% розчином BaCl₂ (1 – 5 см³), додаючи його по краплям з піпетки і ретельно розмішуючи кожну краплю осаджувача. Закрити стакан з осадом годинниковим склом, прокип'ятити 2-3 хв. і залишити на 2-3 години в темному місці. На другий день осад відфільтрувати через щільний фільтр, промиваючи гарячою водою, злегка підкисленою 10% HCl. Промивання закінчують зі зникненням реакції на іон барію (проба з 10% H₂SO₄). Фільтр з осадом підсушити на воронці, помістити у зважений фарфоровий тигель і прожарити під витяжкою на електроплиті, а потім озолити в гарячій муфельній печі при температурі не більше 600-700°C протягом 20-25 хв. При температурі 800 °C осад BaSO₄ буде розкладатися. Вийняти тигель з муфеля, охолодити, зважити на аналітичних терезах і по різниці між масою тиглю із прожареним осадом і масою порожнього прожареного тигля визначити масу осаду BaSO₄.

Обчислити результати аналізу за формулою:

$$A = a \cdot 0,4114 \cdot 10 K_{H_2O}, \quad (16)$$

де A – SO₄²⁻ (в % від маси сухого ґрунту);

a – маса осаду BaSO₄, г;

0,4114 – коефіцієнт перерахунку на іон SO₄²⁻;

10 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту;

K_{H₂O} – коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт.

Завдання: розрахуйте вміст сульфат-іону в досліджуваному ґрунті та зробіть висновок.

Література

1. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.

2. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.

Інформаційні ресурси

1. Онопрієнко Т.О. Сірка [Електронний ресурс] / Т.О. Онопрієнко // Фармацевтична енциклопедія. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/551/sirka> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.
2. Берзеніна О.В., Хмарська Л.О. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та підготовки до семінарських та лабораторних занять з теми «Хімія р-елементів VI групи Періодичної системи» [Електронний ресурс] /О.В. Берзеніна, Л.О. Хмарська. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/4547-Himiya-r-elementiv-VI-grupy.pdf> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.
3. Осташко В.Ф. Макроелементи [Електронний ресурс] / В.Ф. Осташко // Фармацевтична енциклопедія. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1307/makroelementi> (дата звернення 14.02. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Біологічна роль Сульфуру.
2. Біохімічні реакції, в яких приймає участь Сульфур.
3. Процеси, що пов'язані з знешкодженням ксенобіотиків за використання Сульфуру.
4. Лікарські препарати, що містять Сульфур.
5. Зміна радикальних реакцій за допомогою цистеїну та сульфгідридних груп.

РОЗДІЛ 2

s – ЕЛЕМЕНТИ

Кальцій

Кальцій (Ca), як і Магній, відноситься до життєво необхідних біологічних елементів. Дуже мало організмів можуть розвиватися в середовищі позбавленому Ca. У деяких організмів вміст Ca досягає 38%; у людини – 1,4-2%. Для нормального функціонування організму у клітинах рослин та тварин іони Ca^{2+} , Na^+ , K^+ повинні знаходитися у чітко визначених співвідношеннях. Рослини отримують Ca з ґрунту. По відношенню до Ca рослини поділяють на кальцефілів та кальцефобів. Тварини отримують Ca з їжею та водою. Ca необхідний для утворення ряду клітинних структур, підтримання нормальної проникності зовнішніх клітинних мембран, для запліднення яйцеклітин риб та ін. тварин, активації ряду, ферментів. Іони Ca^{2+} передають збудження м'язовим волокнам викликаючи їх скорочення, збільшують силу серцевих скорочень, підвищують фагоцитарну функцію лейкоцитів, активують систему захисних білків крові, приймають участь в її згортанні. В клітинах майже весь Ca знаходиться у вигляді сполук з білками, нуклеїновими кислотами, фосфоліпідами, в комплексах з неорганічними фосфатами та органічними кислотами. В плазмі крові людини та вищих тварин тільки 20-40% Ca може бути зв'язано з білками. У тварин, які мають скелет, до 97-99% всього Ca використовується як будівельний матеріал для нього: у безхребетних в основному у виді CaCO_3 (раковини молюсків, корали), у хребетних – у вигляді фосфатів. Багато безхребетних запасують Ca перед линькою для побудови нового скелету або для забезпечення життєвих функцій за несприятливих умов.

В організмі іони кальцію можуть замішуватися іонами Mg^{2+} , Mn^{2+} , Eu^{2+} . Вміст Ca в крові людини та вищих тварин регулюється гормонами парашитовидної та щитовидної залоз. Дуже важливу роль в цих процесах

відіграє вітамін D. Засвоєння Ca погіршується при зниженні кислотності в кишківнику і залежить від співвідношення Ca, P та жиру в їжі. Оптимальне відношення Ca/жир в їжі людини 0,04-0,08г Ca на 1г жиру. Відношення Ca/P в коров'ячому молоці близько 1,3, в картоплі 0,15, в бобах 0,13, в м'ясі 0,016. За надлишку в їжі P або щавлевої кислоти всмоктування Ca погіршується. Жовчні кислоти прискорюють його всмоктування. Ссавці в період лактації втрачають багато Ca з молоком. При порушенні фосфорно-кальцієвого обміну у молодих тварин та дітей розвивається рахіт, у дорослих тварин – зміна складу скелету (остеомаліяція).

В медицині препарати Ca застосовують для усунення порушень, пов'язаних з нестачею іонів Ca в організмі (при тетанії, спазмофілії, рахіті). Препарати Ca знижують підвищену чутливість до алергенів і використовуються для лікування алергічних захворювань (сироваткова хвороба, кропивниця, сінна лихоманка тощо). Препарати Ca зменшують підвищену проникність судин і чинять протизапальну дію. Їх використовують при геморагічному васкуліті, променевої хворобі, запальних та ексудативних процесах (пневмонія, плеврит, ендометрит та ін.) та деяких захворюваннях шкіри. Призначають як кровоспинні засоби, для покращення діяльності серцевого м'яза та підсилення дії препаратів наперстянки; як слабкі сечогінні та як протиотруту при отруєнні солями магнію. Разом з іншими засобами препарати Ca застосовують для стимулювання пологової діяльності.

До препаратів Ca відноситься гіпс (CaSO_4), який використовують в хірургії для гіпсових пов'язок та крейда (CaCO_3), яка призначається при підвищеній кислотності шлункового соку.

Натрій

Натрій (Na) – один з основних елементів, які приймають участь в мінеральному обміні тварин та людини. Міститься у виді хлориду, фосфату та гідрокарбонату головним чином у позаклітинних рідинах (в еритроцитах

людини близько 10 ммоль/кг, в сироватці крові – 143 ммоль/кг), в шлунковому соці, жовчі, а також нирках, шкірі, легенях, мозку та кістковій тканині, де він депонується. Він приймає участь у підтриманні осмотичного тиску та кислотно-основної рівноваги у складі фосфатної буферної системи ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$) та інших буферних систем, зокрема ацетатної. Іони натрію, як і калію, необхідні живим організмам для генерування біопотенціалів у нервовій тканині, м'язах та секреторній тканині та для регулювання роботи серцевого м'яза. Разом з іонами калію, магнію, хлору, кальцію натрій приймає участь в проведенні нервових імпульсів і підтримує нормальну збудливість м'язових клітин. Іони натрію сприяють скороченню м'язів, а калію – їх розслабленню. Іони натрію приймають участь в регуляції водного обміну і впливають на роботу ферментів. При зміні вмісту Натрію в організмі відбувається порушення функцій нервової, серцево-судинної та інших систем. Добова потреба людини у хлористому натрії змінюється від 2 до 10 г і залежить від кількості цієї солі, яка втрачається з потом. Концентрація іонів Na в організмі регулюється в основному гормоном кори наднирників – альдостероном.

В стані спокою різниця потенціалів на мембрані клітини (від – 60 до – 90 мВ) виникає внаслідок переходу іонів натрію в клітину, а калію назовні. Внутрішня поверхня мембрани набуває негативного заряду, а зовнішня – позитивного. При збудженні змінюється проникність клітинної мембрани і іони натрію швидше переходять усередину клітини, ніж іони калію назовні. Це призводить до деполяризації поверхні мембрани – усередині мембрана стає позитивно заряджена, а назовні – негативно. За рахунок деполяризації мембрани та роботи калій-натрієвого насоса відбувається створення імпульсів у нервових клітинах та регулювання роботи серцевого м'яза.

У галофітів (види, які ростуть на дуже засолених ґрунтах) Na створює високий осмотичний тиск в клітинному соці і тим самим сприяє надходженню води з ґрунту до тканин рослин.

В медицині з препаратів, що містять Натрій, найчастіше

використовують сульфат натрію та хлорид NaCl (при втратах крові, втратах рідини, блювоті тощо). Ізотонічний розчин NaCl (0,9%) використовують для розведення лікарських препаратів для ін'єкцій, гіпертонічний розчин (3-10%) – для лікування гнійних ран (завдяки законам осмосу відбувається плазмоліз бактерій (антимікробна дія) та відділення гною з рани).

Лабораторна робота № 4

Визначення вмісту кальцію в сироватці молока (по де Ваарду)

Мета роботи: визначати вміст кальцію в сироватці молока

Принцип визначення вмісту кальцію по де Ваарду. Кальцій осаджують із сироватки у вигляді щавлевокислого кальцію. Цю сполуку розчиняють в сірчаній кислоті, при цьому вивільняється щавлева кислота. Кількість щавлевої кислоти, що вивільняється, визначають шляхом титрування марганцевокислим калієм та визначають таким чином кількість зв'язаного кальцію.

Реактиви та матеріали: сироватка молока, 4% розчин щавлевокислого амонію, 2% розчин аміаку, 1 н розчин H_2SO_4 , 0,01 н розчин KMnO_4 , бідистильована вода, лід.

Щавлевокислий амоній готують на бідистильованій воді; 2%-вий розчин аміаку готують розведенням концентрованого аміаку в 14 разів, 0,01 н розчин марганцевокислого калію, готують кожного разу перед використанням з 0,1н розчину, титр якого при зберіганні в темному та прохолодному місці стійкий.

Обладнання: центрифуга, водяна баня, термостат, центрифужні пробірки, ексикатор, мікробюретка, скляні палички, піпетки на 1 см³, піпетка градуйована на 10 см³.

Методика виконання:

Сироватку 10 см³ налити в пробірку та поставлять в термостат при температурі 37°C. Через 10 – 15 хв, коли утвориться щільний згусток, обережно відділити верхній шар (якщо утворилася плівка) тонкою скляною паличкою від стінки пробірки, перенести пробірку в ексикатор з льодом і, коли згусток зменшиться в об'ємі, відцентрифугувати 5 хв при частоті обертання 1500 об/хв. Провести ці маніпуляції потрібно якомога швидше.

В центрифужну пробірку відміряти 2 см³ бідистильованої води, прилити 1 см³ сироватки (отриманої після центрифугування) та 1 см³ щавлевокислого амонію та відстоювати протягом 30 хв. Приливати реактив необхідно таким чином, щоб він потрапляв прямо в рідину, а не на стінки пробірки, звідки його в подальшому буде важко видалити. Після відстоювання відцентрифугувати 5 хвилин на центрифугу з частотою обертання – 1500 об/ хв. Щавлевокислий кальцій утворює в загостренні конусу пробірки щільний білий осад. Надосадову рідину необхідно злити швидким перевертанням пробірки, краї пробірки витерти фільтрувальним папером. При цьому над осадом залишається лише невелика кількість надосадової рідини.

Налити в пробірку з осадом 4 см³ розчину аміаку та змішати з ним рідину, що залишилась над осадом. Для цього пробірку тримають двома пальцями лівої руки за верхній край, а по нижньому кінцю декілька разів вдаряють вказівним пальцем правої руки, поки від осаду не підніметься до верху тонкий спіралевидний струмінь. Знову від центрифугувати та злити надосадову рідину. Ще раз налити 4 см³ розчину аміаку і повторити попередні операції і так – декілька разів. Мета повторного центрифугування – не промивання осаду, а повне видалення надосадової рідини, що містить

щавлевокислу сполуку. Тому збовтувати весь осад не потрібно. Рідина при цьому змішується з аміаком та видаляється разом з ним. Замість аміаку можна використовувати воду, але надлишок її розчиняє деяку кількість кальцію. Коли після центрифугування злита остання порція аміаку, до осаду додати 2 см³ 1 н сірчаної кислоти, розмішати тонкою скляною паличкою та занурити пробірку на 1-2 хвилини в киплячу водяну баню. Рідина в пробірці повинна нагрітися приблизно до 70°C. Гарячий розчин відтитрувати марганцевокислим калієм, приливаючи його з мікробюретки до появи блідо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом хвилини.

Так як самі реактиви, а також вода, не зважаючи на подвійну перегонку, містять деяку кількість кальцію, а, окрім того, певна кількість перманганату калію витрачається на отримання рожевого кольору води та взаємодію з сірчаною кислотою, одночасно необхідно поставити сліпий дослід. Для цього в пробірку для центрифугування вносять 2 см³ бідистильованої води, доливають 1 см³ щавлевокислого амонію, через 30 хвилин центрифугують і далі обробляють як пробу.

Об'єм марганцевокислого калію, витрачений на титрування сліпого досліду, віднімають від об'єму, витраченого на титрування досліджуваної проби. При розрахунку необхідно мати на увазі, що 1 см³ 0,01н розчину марганцевокислого калію, який втратили на титрування щавлевої кислоти відповідає 0,2 мг кальцію, тому вміст кальцію в 100 см³ сироватки визначають наступним чином:

$$C = (V_{\text{пр}} - V_{\text{к}}) \cdot 0,2 \cdot 100, \quad (18)$$

де C – вміст кальцію в сироватці молока, мг% (мг/100 см³);

$V_{\text{пр}}$ – об'єм перманганату калію, витрачений на титрування робочої проби, см³;

$V_{\text{к}}$ – об'єм перманганату калію, витрачений на титрування контрольної проби, см³.

Завдання: розрахуйте вміст кальцію в сироватці молока, зробіть висновок, щодо відповідності вмісту кальцію нормі.

Література

1. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.
2. Ершов Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.

Інформаційні ресурси

1. Шевчук В. Г. Роль іонів Ca^{2+} в організмі. [Електронний ресурс] / В.Г. Шевчук // Фізіологія. – Електронні дані. – Режим доступу: https://pidruchniki.com/80673/meditsina/rol_ioniv_sa2+_organizmi (дата звернення 12.02. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Біологічна роль Кальцію.
2. Роль іонів кальцію у підтримці осмосу.
3. Роль іонів кальцію у передачі нервового імпульсу.
4. Роль іонів кальцію у згортанні крові.
5. Роль Кальцію в формуванні та функціонуванні кісткової тканини.
6. Вплив іонів кальцію на засвоювання фосфору та інших елементів.
7. Антогоністи Кальцію.

Лабораторна робота №5

Аналіз 10% розчину натрій тіосульфату

Мета роботи: провести аналіз розчину натрію тіосульфату 10%, встановити його придатність до використання в медичній практиці

Реактиви та матеріали : 10% розчин натрій тіосульфату, 1% розчин нітрату срібла, 1% розчин хлорводневої кислоти, 0,1н розчин йоду.

Обладнання: склянки, піпетки, конічні колби, мірні колби на 100 см³, бюретка.

Дослід 5.1 Реакції ідентифікації препарату тіосульфату натрію

Методика виконання:

- 1) до 1 см³ розчину препарату додати 2-3 краплі розчину нітрату срібла – утворюється білий осад, який швидко жовтіє, потім буріє і, нарешті, набуває чорного кольору;
- 2) до 2 - 3 см³ розчину препарату додати розчин хлорводневої кислоти – утворюється осад жовтого кольору.

Завдання: запишіть спостереження та рівняння хімічних реакцій, зробіть висновки.

Дослід 5.2 Кількісне визначення вмісту тіосульфату натрію в препараті

Методика виконання:

10 см³ розчину препарату перенести в мірну колбу об'ємом 100 см³, довести

водою до мітки та перемішати. 10 см³ утвореного розчину перенести в конічну колбу та відтитрувати 0,1 н розчином йоду до слабо-жовтого забарвлення.

Вміст натрію тіосульфату у відсотках (X) в розчині обчисліть за формулою:

$$X = \frac{V \cdot K \cdot T \cdot V_1 \cdot 100}{a \cdot V_2} = \frac{V \cdot K \cdot 0.0248 \cdot 100 \cdot 100}{10.0 \cdot 10.0}, \quad (19)$$

де V – об'єм 0,1 н розчин йоду, см³, K - поправочний коефіцієнт;

T – 0,0248 г/ см³; a - об'єм препарату, взятий за визначенням, см³,

V₁ – об'єм розчину препарату першого розведення, см³;

V₂ – об'єм аліквоти, взятої для титрування, см³.

Завдання: визначте вміст тіосульфату натрію в досліджуваному зразку, зробіть висновки щодо придатності використання досліджуваного препарату в медичній практиці.

Література

1. Безуглий П.О. Фармацевтична хімія / під ред. П.О. Безуглого. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 560 с.
2. Мелентьева Г.А. Фармацевтическая химия / Л.А. Антонова, Г.А. Мелентьева. М.: Медицина, 1985. – 479с.

Інформаційні ресурси

1. Цихановська І.В. Натрій [Електронний ресурс] / І.В. Цихановська // Фармацевтична енциклопедія. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1188/natrij> (дата звернення 12.02. 2020). – Назва з екрану.

2. Філімонов В.І. Фізіологічна характеристика неорганічних іонів [Електронний ресурс] / В.І. Філімонов // Фізіологія людини. – Електронні дані. – Режим доступу: https://pidruchniki.com/1597012259761/meditsina/fiziologichna_harakteristika_neorganichnih_ioniv (дата звернення 12.02. 2020). – Назва з екрану.
3. Водно-мінеральний обмін та кислотно-лужна рівновага [Електронний ресурс] // Кафедра біологічної та загальної хімії ВНМУ ім. М.І. Пирогова. Навчально-методичні матеріали. Навчальний матеріал з біохімії. – Режим доступу: http://biochem.vsmu.edu.ua/3_pharm_biochem_u/lect-12.pdf (дата звернення 14.03. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Біологічна роль Натрію.
2. Вплив іонів натрію на формування потенціалу на мембранах.
3. Водно-сольовий баланс організму.
4. Кислотно-основний баланс організму.
5. Буферні системи крові.

РОЗДІЛ 3

d- ЕЛЕМЕНТИ

Ферум

Іони феруму двох- та трьохвалентні мають важливе значення для життєдіяльності організму. Вони необхідні для процесів кровотворення, нормальної діяльності багатьох ферментів, перенесення кисню від легень до тканин та електронів в ланцюгу перенесення електронів. Ферум входить до складу гемових та негемових білків. Негемовий ферум містять такі білки як феритин, гемосидерин, лактоферин, ферумсульфуровмісні білки. Гемовий ферум входить до складу порфіринових кілець гемоглобіну, метгемоглобіну, цитохромів. В гемоглобіні ферум знаходиться у незмінному двовалентному стані.

В атмосфері чадного газу замість кисню іон феруму взаємодія з СО утворюючи карбоксигемоглобін, який більш стійкий ніж оксигемоглобін, і не виконує функцію перенесення кисню.

В крові також знаходяться трансферини, які виконують функцію перенесення феруму (III). Вони доставляють іони феруму до клітин, де відбувається синтез гемоглобіну. У випадку перевищення концентрації феруму, яка необхідна для зв'язування з трансферином, його надлишок осаджується у виді основних солей $\text{Fe}(\text{OH})\text{X}_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{X}$. Реакції гідролізу солей феруму знижують рН середовища, що сприяє утворенню малорозчинних колоїдних частинок і може стати причиною утворення тромбів.

В цитохромах *a*, *b*, *c* залізо бере участь у перенесенні електрона від одного цитохрому до іншого (у електрон-транспортному ланцюзі) за рахунок зміни ступеня окиснення. Крім цитохромів, в процесі перенесення електронів у ланцюзі беруть участь і ферумсульфуровмісні білки, в активних центрах яких містяться іони феруму (III). Функція ферумсульфуровмісних білків – транспортування електронів в процесі синтезу АТФ, фотосинтезу, фіксації атмосферного азоту і вуглекислого газу. Також вони беруть участь в окисно-

відновних процесах в живих організмах, а саме: 2-Fe-S – ферредоксин хлоропластів – бере участь в процесі фотосинтезу, адренодоксин – у перенесенні електронів при гідроксилюванні стероїдів. До 8-Fe-S – білків відносяться: ферредоксини бактерій, що забезпечують передачу електронів та виступають відновником у процесах фіксації атмосферного азоту; ксантиноксидаза – приймає участь в реакції окиснення пуринів; альдегідоксидаза – прискорює реакцію окиснення альдегідів.

Ферум (III) входить також до каталази, яка захищає клітини від токсичної дії пероксиду водню, та пероксидази, яка каталізує процеси окиснення органічних сполук пероксидом водню.

Добова потреба організму у Ферумі становить 30 мг. Джерелом Феруму є вівсянка, рис, хліб, яйця, легені, печінка. Нестача Феруму в організмі пов'язана з порушенням функції всмоктування та засвоєння організмом, а не з нестачею в продуктах харчування. При нестачі розвиваються хвороби крові – залізодефіцитні анемії, внаслідок чого зменшується кількість еритроцитів і вміст в них гемоглобіну. При надлишку Феруму відбувається дезактивація ферментів циклу Кребса, що призводить до збільшення в організмі органічних кислот у крові і сидерозу.

Купрум

Cu – життєво необхідний для рослин та тварин мікроелемент. Він приймає участь в процесі фотосинтезу та засвоєння рослинами азоту, сприяє синтезу цукрів, білків, крохмалю, вітамінів. Основною біохімічною функцією Купруму є участь в ферментативних реакціях в якості активатора або у складі мідьвмісних ферментів. Наприклад, в деяких молюсках виявлено мідьвмісний протеїн гемоціанін, який оборотно поглинає молекулярний кисень.

Велика кількість мідьвмісних металопротеїнів містить декілька атомів міді в одній макромолекулі. Атоми Cu займають різноманітні положення в макромолекулі протеїну, мають різноманітне оточення та геометрію.

Відіграючи роль переносника електронів атом купруму легко може змінювати свою валентність: $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^{+}$.

Характеристика деяких мідьвмісних протеїнів наведена в табл.1.

Таблиця 1 – Характеристика мідьвмісних протеїнів [2]

Металофермент або редокс-система	Молекулярна вага	Склад неорганічної частини	Функції
Тирозиназа	120000	4Cu^{I}	Окиснення фенолів
Лакказа	120000	4Cu^{II} ; Cu^{I}	Окиснення дифенілів
Оксидаза аскорбінової кислоти	14600	6Cu^{II}	Окиснення аскорбінової кислоти
Церулоплазмін	151000	8Cu^{II}	Окиснення багатьох субстратів (аскорбінової кислоти, норадреналіну, серотоніну і сульфгідрильних сполук та ін.), інактивація активних форм кисню
Амінооксидази	100000-300000	$n\text{Cu}^{\text{II}}$	$\text{Амін} + \text{O}_2 \rightarrow \text{альдегід} + \text{NH}_3$
Цитохромоксидаза	100000-1000000	1Cu-гем	Редокс-процеси цитохрому
Азурін	16400	Cu^{II}	Участь в дихальному ланцюгу цитохром – цитохромоксидаза
Пластоціанін	21000	2Cu	Те ж

Кількість Cu в рослинах змінюється від 0,0001 до 0,05% (з розрахунку на суху речовину) і залежить від виду рослини та вмісту Cu в ґрунті. В рослинах Cu входить до складу ферментів – оксидаз та білка пластоціаніну. За оптимальних концентрацій Купрум підвищує холодостійкість рослин, сприяє їх росту та розвитку.

Серед тварин найбільший вміст Cu мають деякі безхребетні (у молюсків та ракоподібних в гемоціаніні міститься 0,15 – 0,26% Cu).

Вміст Купруму в організмі людини на 100 г, сухої маси змінюється від 5 мг в печінці до 0,7 мг в кістках, в рідинах тіла – від 10 мкг (на 100 см³) в спинномозковій речовині до 100 мкг в крові; всього Cu в організмі дорослої людини близько 100 мг. Купрум входить до складу ряду ферментів

(наприклад, тирозинази, цитохромоксидази, супероксиддисмутази), стимулює кровотворну функцію кісткового мозку. Малі дози купруму впливають на обмін вуглеводнів (зниження вмісту цукру в крові), мінеральних речовин (зменшення в крові кількості фосфору) та ін. Збільшення вмісту Cu в крові приводить до перетворення мінеральних сполук феруму в органічні, стимулює використання накопиченого в печінці феруму при синтезі гемоглобіну.

Лабораторна робота № 6

Визначення феруму (III) в білих винах

Мета роботи: визначити вміст іонів феруму (III) в білому вині

Метод виявлення іону Fe (III) ґрунтується на реакції Fe (III) з тіоціанатом калію або амонію з утворенням комплексної сполуки червоного кольору:



Реактиви і матеріали: 5% розчин тіоціанату калію або амонію, 30% розчин пероксиду гідрогену, нітратна кислота, густиною $1,20 \cdot 10^3$ кг/м³, сульфатна кислота, густиною $1,54 \cdot 10^3$ кг/м³, ферум-амонійні галуни ("хч"), дистильована вода, біле вино.

Стандартний розчин ферум-амонійних галунів готують наступним чином: у мірну колбу місткістю 1 дм³ вносять 0,8636 г галунів, розчиняють у дистильованій воді, додають 4 см³ сульфатної кислоти, об'єм розчину доводять дистильованою водою до мітки, перемішують; 1 см³ отриманого розчину містить 0,1 мг феруму (III). У мірну колбу місткістю 250 см³ вносять

50 см³ приготовленого розчину, додають дистильовану воду до мітки, перемішують, отримують розчин, у 1 см³ якого міститься 0,02 мг феруму (III).

Обладнання:

ваги, мірні колби на 100 см³, 250 см³, мірний циліндр, піпетки, груші, спектрофотометр, кювети (1 см), фільтрувальний папір.

Методика виконання:

Побудова градувального графіка

У чотири мірні колби місткістю 100 см³ послідовно внести 5, 10, 15 і 20 см³ стандартного розчину ферум-амонійних галунів, у кожену колбу додають по 2 см³ HNO₃ (1:1), 6 крапель 30 % розчину пероксиду гідрогену, 40 см³ 5% розчину тіоціанату калію або амонію, об'єм розчину доводять дистильованою водою до мітки і перемішують. Таким чином отримують серію стандартних розчинів, які містять відповідно: 0,1; 0,2; 0,3 і 0,4 мг феруму в 100 см³.

Для врахування домішок феруму (III) у використаних реагентах необхідно приготувати розчин порівняння. Для цього в мірну колбу місткістю 100 см³ внести 2 см³ HNO₃, 6 крапель пероксиду гідрогену, 40 см³ розчину тіоціанату калію або амонію і дистильовану воду до мітки.

Через 30 хвилин вимірюють оптичну густину розчину порівняння та стандартних розчинів на спектрофотометрі при λ – 490 нм. За отриманими даними будують градувальний графік у координатах: D (оптична густина розчину) – С (вміст вміст феруму (III) мг/100 см³ розчину).

Визначення кількісного вмісту іонів феруму (III)

В мірну колбу місткістю 100 см³ внести 20 см³ аналізованого білого вина, 2 см³ нітратної кислоти, 6 крапель пероксиду гідрогену, 40 см³ розчину тіоціанату калію або амонію, об'єм розчину довести дистильованою водою

до мітки і перемішати. За 30 хвилин виміряти оптичну густину забарвленого у червоний колір розчину при вищевказаних умовах, за градувальним графіком знайти вміст феруму (III) (мг/20 см³ вина). Та визначити вміст феруму (III) у вині (мг/дм³) за формулою:

$$m=1000 \cdot g/20, \quad (21)$$

де g – знайдений за градувальним графіком вміст феруму (III), мг/20 см³ вина;

20 – об'єм аліквоти аналізованого вина, взятої для аналізу, см³.

Завдання: визначте вміст феруму (III) в досліджуваному вині, зробіть висновки.

Література

1. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.
2. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.

Інформаційні ресурси

1. Хімічний механізм біологічної ролі йонів Феруму в організмі людини. [Електронний ресурс] // Біологія. Helpiks.org. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://helpiks.org/6-77721.html>. (дата звернення 01.03. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Роль Феруму в процесах життєдіяльності Засвоєння феруму у людини.
2. Перенесення іонів феруму через мембрани мікроорганізмів.

3. Гемоглобін та міоглобін – будова та біологічна функція.
4. Цитохроми.
5. Біологічна роль феридоксину.
6. Сульфурвмісні білки.

Лабораторна робота № 7

Фотометричне визначення купруму (II) у харчових продуктах

Мета роботи: визначити вміст купруму (II) в сухих сніданках

Методика фотометричного визначення купруму (II) у сухих сніданках

Нині все більшого значення набувають дослідження, пов'язані зі створенням нових дієтичних продуктів лікувально-профілактичної дії. Серед них – сухі сніданки з добавками різних радіопротекторних, біологічно активних компонентів, вітамінів тощо. Причому мікроелементний склад цих продуктів має велике значення у визначенні їх харчової та лікувальної цінності. Тому контроль вмісту Купруму, Цинку, Феруму, Кальцію, Магнію та інших елементів дуже важливий. З цією метою в аналітичній практиці використовуються різноманітні методи аналізу: фотометричний, полярографічний, атомно-абсорбційний. Одним з найпопулярніших методів, що не потребують дорогого обладнання, є фотометричний метод аналізу.

Відомо, що найкращими методами визначення речовини за забарвленням є системи з азобарвниками: піридилазорезорцином і піридилазонафтолом. Вони дають змогу визначити купрум (II) екстракційно-фотометричним методом у широкому інтервалі значень рН – від 1,5 до 6,0 при оптимальній довжині хвилі 540 нм. При цьому молярні коефіцієнти екстинції змінюються від $1,56 \cdot 10^4$ до $7,9 \cdot 10^4$. Слід зауважити, що з цими ж

реагентами утворюють забарвлені комплекси також плюмбум (II), цинк (II), меркурій (II). Але їх заважаючий вплив зменшують або усувають різноманітними способами: змінюючи умови проведення реакцій, використовуючи маскуючі реагенти, а також екстракційне та сорбційне концентрування.

Трифенілметанові (ксиленоловий оранжевий, метилтимоловий синій, хромазурол S) і ксантенові барвники (похідні флуорона), а також алізарин S мають обмежене застосування в порівнянні з азобарвниками. Тому доцільним є використання методики фотометричного визначення мікрокілЬкостей купруму (II) за допомогою азобарвника арсеназо (III) в аналізі харчових продуктів.

Оптичну густину розчинів вимірюють на спектрофотометрі, кислотність контролюють за допомогою іономіру И-160, концентрацію цинку визначають, користуючись полярографом. Оптимальними умовами комплексоутворення є рН 7-9, $C_{APC}=4\cdot 10^{-5}$ моль/дм³, $\lambda_{MAX}=600$ нм. Закон Бера справедливий в інтервалі концентрацій купруму $6,4\cdot 10^{-7}$ - $6,4\cdot 10^{-5}$ моль/дм³, $\epsilon=1,56\cdot 10^5$.

Перебігу реакції заважають: еквімолярні кількості цинку (II); 10-кратні надлишки плюмбуму (II), феруму (II), меркурію (II), кадмію (II); стануму (IV); 100-кратний - алюмінію (III); 1000-кратні – кальцію (II), магнію (II); не заважають – арсен (III), фториди, хлориди, сульфати.

Реактиви та матеріали: 0,001 моль/дм³ Cu(NO₃)₂, 1 моль/дм³ HNO₃, 0,001 моль/дм³ арсеназо(III), 1% розчин гідроксиламіну, HNO₃ (1:1).

Робочий розчин 0,001 моль/дм³ Cu(NO₃)₂ готують наступним чином: спочатку готують 0,1 моль/дм³ розчин нітрату купруму (II) розчиненням точної наважки солі в 1 моль/дм³ розчині HNO₃ (1,875 г Cu(NO₃)₂ розчинити в 100см³ розчину HNO₃). Розчин стандартизують йодометрично. Потім у мірну колбу місткістю 100 см³ вносять 1 см³ цього розчину та доводять його об'єм до мітки розчином HNO₃ з концентрацією 1 моль/дм³.

Обладнання: фарфорові ступки, ваги, тиглі, електроплита, мірні колби на 100 см³, 25 см³, лійки, фільтрувальний папір, ватно-марлеві фільтри, піпетки, спектрофотометр, полярограф.

Методика виконання:

Приготування витяжки сухого сніданку

Зразок сухого сніданку розтерти у фарфоровій ступці. 10 г розтертого сніданку, помістити у фарфоровий тигель і обвуглити на електроплиті. Обвуглений зразок, розчинити у 30 см³ HNO₃ (1:1), профільтрувати у колбу місткістю 100 см³ двічі: спочатку через ватно-марлевий фільтр, а потім через паперовий. Отриманий фільтрат довести до мітки дистильованою водою.

Визначення вмісту купруму (II) в екстракті сухого сніданку методом добавок

В дві колби місткістю 25 см³ відібрати по 10 см³ отриманого екстракту зразка та додати по 1 см³ 1% розчину гідроксиламіну для зв'язування заважаючих іонів Fe(III) та по 1 см³ розчину арсеназо (III) з концентрацією 0,001 моль/дм³. В одну з колб також потрібно також внести 0,5 см³ Cu(NO₃)₂ (приготований розчин і буде розчином з добавкою). В обох колбах значення рН довести до 7, після чого довести об'єм розчину до мітки (25 см³) дистильованою водою. Приготувати розчин порівняння (рН розчину порівняння також має бути 7). Виміряти оптичну густину розчину при $\lambda = 600\text{nm}$, $l=1\text{cm}$ відносно розчину порівняння.

Вміст цинку в пробах контролюють полярографічно для того, щоб за різницею визначити вміст купруму (II) за формулою:

$$C_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{C_{\text{ст}} \cdot A_x}{A_{x-\text{ст}} - A_x} - C_{\text{Zn}}, \quad (22)$$

де $C_{\text{ст}}$ – концентрація стандартної добавки в 25 см³ розчину (необхідно розрахувати, виходячи з концентрації робочого розчину Cu(NO₃)₂!);

A_x – оптична густина розчину проби без добавки;

$A_{x+ст}$ – оптична густина розчину зі стандартною добавкою;

C_{Zn} – концентрація цинку, визначена полярографічно, моль/ дм³.

Завдання: розрахуйте вміст купруму (II) в досліджуваному продукті в мг/кг продукту, зробіть висновок, щодо цінності досліджуваного продукту для харчування.

Література

1. Гомонай В. Біонеорганічна хімія / В. Гомонай, С. Мільович. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2006. – 200 с.
2. Ершов Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А Ершов, А.С. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.
3. Кучеренко М.С. Сучасні методи біохімічних досліджень / М.С. Кучеренко Ю.Д. Бабенюк, В.М. Войцицький. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 422с.

Інформаційні ресурси

1. Яценко А. В. Комплексные соединения в процессах дыхания живых существ. [Электронный ресурс] / А. В. Яценко // Химическая информационная сеть. Наука, образование, технологии. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/general/protein.pdf>. (дата звернення 3.03. 2020). – Назва з екрану.

Питання для контролю

1. Якими властивостями Купруму забезпечується його біологічна роль?
2. Які ферменти містять у складі Купрум?
3. Роль іонів купруму в перенесенні електронів на кисень в ланцюзі переносу електронів Які ферменти, що містять Купрум приймають участь в ланцюзі переносу електронів, яка їх роль?

4. Біологічна роль Купруму. Дія Купруму на організм.
5. Токсична дія сполук купруму
6. Які сполуки купруму застосовуються в медицині, їх дія?

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

До роботи в лабораторії допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та мають спецодяг та засоби індивідуального захисту (за потреби). Проведення інструктажу реєструється в відомості проходження вступного інструктажу.

Перед початком роботи в лабораторії необхідно ознайомитися з планом евакуації у разі виникнення пожежі та планом розміщення засобів гасіння пожежі (пісок, вогнегасники).

Працювати в лабораторії можна тільки за лабораторними столами, або під витяжною шафою. Студенти повинні працювати тільки в тих приміщеннях лабораторії і за тими столами, які за ними закріплені. Використовувати для роботи (виконувати експерименти, ставити лабораторний посуд тощо) інші столи (як письмові, так і лабораторні) заборонено.

4.1 Засоби індивідуального захисту

При роботі в лабораторії необхідно одягати халат з бавовняної тканини, з довжиною рукава не менше ніж $\frac{7}{8}$ та загальною довжиною, яка забезпечує захист верхньої частини тіла (бажано, щоб нижній поділ халата закінчувався не вище ніж 10 см від коліна).

Для захисту рук від дії високих температура слід використовувати бавовняні або інші термостійкі захисні рукавички.

Для захисту рук від дії кислот, лугів, солей, розчинників застосовують гумові рукавички. На рукавичках не повинно бути порізів, проколів та інших пошкоджень.

При роботі з їдкими і отруйними речовинами додатково застосовують фартухи, засоби індивідуального захисту очей (окуляри різних типів, щитки, маски) і рук (гумові рукавички).

При виконанні робіт, пов'язаних з виділенням отруйних газів і пилу, для захисту органів дихання слід застосовувати респіратори або інші засоби захисту.

4.2 Правила пожежної та електробезпеки в лабораторії

Забороняється використовувати, переносити та вмикати в мережу електричні прилади та обладнання без дозволу та відома викладача або інженера, який закріплений за групою, що працює в лабораторії.

Після закінчення роботи необхідно відключити електроприлади, електроенергію, газ та воду у всіх приміщеннях (виконується співробітниками лабораторії).

У разі перерви в подачі електроенергії електроприлади повинні бути негайно вимкнені.

При виникненні пожежі, задимлення, іскріння обладнання чи електродротів або інших ознак пожежі необхідно: негайно сповістити викладача, інженера і інших осіб – співробітників кафедри. За необхідності викликати пожежну службу по телефону 101; на прохання працівників лабораторії або викладача допомогти прийняти заходи щодо обмеження поширення вогню та ліквідації пожежі.

При виникненні значної пожежі чи сильного задимлення необхідно покинути приміщення шляхом, зазначеним в плані евакуації.

4.3 Правила роботи з хімічними речовинами

Основним правилом при зберіганні і використанні реактивів є запобігання їх забруднення.

На всіх упаковках з реактивами повинні бути етикетки із зазначенням назви, кваліфікації та строку придатності.

Усі ємності з реактивами та аналітичними пробами, які студенти готують самостійно під час лабораторних робіт, повинні бути підписані.

Забороняється набирати реактиви в піпетки ротом, для цієї мети слід

використовувати гумову грушу або інші пристрої.

При визначенні запаху хімічних речовин слід нюхати обережно, направляючи до себе пари або газу рухом руки.

Всі сухі реактиви необхідно набирати ложками або шпателем. Брати реактиви незахищеними руками забороняється!

При зважуванні твердих речовин завжди треба користуватися тарою.

Забороняється змішувати сухі реактиви поблизу включених електронагрівальних приладів, тому що утворюється пил може бути вибухо- або пожежонебезпечним.

Роботу з порошкоподібними речовинами для запобігання їх розпилення потрібно проводити в таких місцях, де немає протягів або сильного руху повітря.

Випадково розсипаний реактив не можна висипати назад в ту ж тару, де він зберігається.

Відпрацьовані реактиви необхідно зливати в окремі ємності для подальшої переробки або передачі в організації, що займаються утилізацією хімічних речовин.

Зливати концентраційні кислоти, луги, отруйні і горючі речовини в каналізацію забороняється!

4.3.1 Робота з хімічними речовинами у витяжній шафі

При роботі з хімічними реактивами необхідно вмикати і вимикати витяжну вентиляцію не менше ніж за 30 хвилин до початку, і після закінчення робіт.

Під час виконання робіт в витяжній шафі ступки шафи слід піднімати на висоту не більше 20 - 30 см так, щоб в шафі знаходилися тільки руки, а спостереження за ходом процесу вести через скло шафи.

Робота їдкими і отруйними речовинами, а також з органічними розчинниками обов'язково проводиться у витяжній шафі.

Роботи, при яких можливе підвищення тиску, перегрів скляного

приладу або його поломка з розбризкуванням гарячих або їдких продуктів, також виконуються в витяжних шафах. Виконавець роботи повинен надіти захисні окуляри (маску), рукавички і фартух.

Сушіння речовин та матеріалів з сильним запахом, отруйних та пожежонебезпечих речовин, а також обвуглення чи озолення матеріалів також проводять у витяжній шафі.

4.3.2 Роботи, при яких відбувається нагрівання хімічних речовин

Змішування або розведення хімічних речовин, що супроводжується виділенням тепла, слід проводити в термостійкому або фарфоровому посуді.

При упарюванні в стаканах розчинів слід ретельно перемішувати їх, так як нижні і верхні шари розчинів мають різну щільність, внаслідок чого може статися викидання рідини.

Щоб уникнути опіків, уражень від бризок і викидів не можна нахилятися над посудом, в якому кипить якась рідина.

Нагрівання посуду зі звичайного скла на відкритому вогні без азбестованої сітки заборонено.

При нагріванні рідини в пробірці тримати її слід отвором в сторону від себе і від інших співробітників та студентів.

За жодних обставин не можна допускати нагрівання рідин в колбах або приладах, що не сполучаються з атмосферою.

Нагріту посудину не можна закривати притертою пробкою доти, поки вона не охолоне до температури навколишнього середовища.

4.3.3 Робота з кислотами і лугами

Робота з концентрованими кислотами і лугами проводиться тільки в витяжній шафі і з використанням захисних засобів (рукавичок, окулярів). При роботі з димами та розчинами азотної кислоти з питомою густиною 1,51 – 1,52 г /см³, а також з олеумом слід надягати також гумовий фартух.

Концентровані азотна, сірчана, соляна кислоти повинні зберігатися у

витажній шафі в скляному посуді ємністю не більше 2 дм³. У місцях зберігання кислот неприпустимо знаходження легкозаймистих речовин. Розбавлені розчини кислот (за винятком плавикової) також зберігають в скляному посуді, а лугів – в поліетиленовій тарі.

Для приготування розчинів сірчаної, азотної та інших кислот їх необхідно доливати у воду тонким струменем при безперервному помішуванні. Для цього використовують термостійкий посуд, так як процес розчинення супроводжується сильним розігріванням.

Доливати воду в кислоти забороняється!

Розливу кислоту слід засипати піском. Після прибирання піску місце, де була розлита кислота, посипають вапном або содою, а потім промивають водою.

4.4. Перша допомога при нещасних випадках в лабораторії

В разі нещасного випадку, що призвів до травмування, слід негайно повідомити викладача або інженера.

4.4.1 Перша допомога при опіках

При *термічних* опіках, в першу чергу, потрібно охолоджувати місце опіку протягом тривалого часу – більше 20 хв прохолодною водою (але не крижаною і не льодом). При опіках першого (почервоніння, біль) та другого (інтенсивне почервоніння, утворення міхурів з рідиною) ступеня потрібно знезаражувати місце опіку засобами що не сушать та не подразнюють шкіру, наприклад бетадин (розчин йоду в гліцерині), розчин хлоргексидину. Не можна використовувати олію, мазі та гелі, спиртові розчини. При опіках третього і четвертого необхідно обов'язково звернутися до лікаря.

При *хімічних* опіках необхідно промити уражене місце великою кількістю води. У разі попадання кислоти на шкіру уражене місце слід негайно промити протягом 10 - 15 хвилин струменем води, а потім нейтралізувати 2-5% розчином карбонату натрію. У разі попадання лугу на

шкіру – промити великою кількістю води, потім 2% розчином оцтової кислоти.

При опіках очей – промити очі великою кількістю проточної води. При опіку кислотами промивати 3% розчином бікарбонату натрію, при опіку лугами – 2% розчином борної кислоти.

4.4.2 Перша допомога при пораненнях

При пораненнях (порізи) необхідно в першу чергу видалити з рани залишки скла, зупинити кровотечу, промити рану 2% розчином перманганату калію, спиртом або іншим дезінфікуючим розчином і забинтувати. У разі забруднення рани її слід обробити перексидом водню. При сильній кровотечі з рани на кінцівку необхідно вище рани накласти пов'язку, що давить. Кровотечу з ран на інших частинах тіла зупиняє туге перев'язування рани стерильною марлею. При сильній кровотечі необхідно викликати лікаря.

4.4.3 Перша допомога при ураженні електричним струмом

У разі ураження електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроприлад, якого торкається потерпілий. Відключення проводиться за допомогою вимикача або рубильника. При неможливості швидкого відключення електроприладу необхідно звільнити потерпілого від струмопровідних частин дерев'яним або іншим предметом, який не проводить струм. У всіх випадках ураження електричним струмом необхідно викликати лікаря.

Література

1. Александрова К.В. Особливості дотримання техніки безпеки при роботі в біохімічній та хімічній лабораторіях: навч. посібник для студентів та викладачів вузів / К. В. Александрова, В. М. Швець, М. В. Дячков, Д. А. Васильєв. – Запоріжжя: [ЗДМУ], 2017. – 76 с.